

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 8 月 5 日
Date of Application:

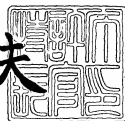
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 2 7 3 6 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 2 7 3 6 0]

出 願 人 株 式 会 社 デ ン ソ ー
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 1 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 PSN305

【提出日】 平成14年 8月 5日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B22D 46/00

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

 【氏名】 飯見 秀紀

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

 【氏名】 小島 良太郎

【特許出願人】

 【識別番号】 000004260

 【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】

 【識別番号】 100106149

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 矢作 和行

 【電話番号】 052-220-1100

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 010331

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 設計支援装置、設計支援方法、及び設計支援プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ダイカスト鑄造における鑄造品の設計支援装置であって、
前記鑄造品に対応した、多数のセルからなる 3 次元モデルにおいて、時間経過に伴う溶湯の温度変化から凝固過程を解析する解析手段と、

前記解析手段による解析結果から、前記 3 次元モデルの各部における引け巣の発生度合いを算出する算出手段と、

前記算出手段によって算出された引け巣の発生度合いを層別して、比重に換算する比重換算手段と、

引け巣の発生度合いを評価すべき領域において、前記比重換算手段によって換算された比重値毎の 3 次元モデルの体積を算出するとともに、各比重値とその比重値に対応して算出された体積とを乗算し、かつ乗算値の総和を求めることにより、前記領域の引け巣の発生度合いを定量化する定量化手段とを備えることを特徴とする設計支援装置。

【請求項 2】 前記算出手段は、前記溶湯の温度勾配を、前記溶湯の冷却速度の平方根で除算する引け巣予測式によって、引け巣の発生度合いを算出することを特徴とする請求項 1 記載の設計支援装置。

【請求項 3】 前記引け巣予測式は、前記溶湯の供給を停止する溶湯供給停止温度を初期条件とするものであり、

前記溶湯供給停止温度は、前記溶湯の種類に応じて設定されることを特徴とする請求項 2 記載の設計支援装置。

【請求項 4】 前記比重換算手段が引け巣の発生度合いを層別する際の層数を設定する層数設定手段を設け、

前記比重換算手段は、引け巣の発生度合いを前記層数設定手段によって設定された層数に層別することを特徴とする請求項 1 記載の設計支援装置。

【請求項 5】 前記定量化手段は、前記各比重値とその比重値に対応して算出された体積との乗算値の総和を、前記領域の体積で除算することにより、前記領域の引け巣の発生度合いを比重値として定量化することを特徴とする請求項 1 記

載の設計支援装置。

【請求項 6】 前記引け巣の発生度合いを評価すべき領域は、前記 3 次元モデルを複数の領域に分割したものであることを特徴とする請求項 1 記載の設計支援装置。

【請求項 7】 危険比重値を設定する危険値設定手段と、

前記定量化手段が定量化した前記領域の比重値が、前記危険値設定手段によって設定された前記危険比重値よりも小さいかを判定し、前記危険比重値よりも小さいと判定された場合には、設計変更を促すよう報知する危険判定手段とを設けることを特徴とする請求項 5 記載の設計支援装置。

【請求項 8】 前記危険値設定手段は、前記 3 次元モデルを複数の領域に分割した各々に対して、前記危険比重値を設定することを特徴とする請求項 7 記載の設計支援装置。

【請求項 9】 前記設計支援装置は、アルミ合金を用いたダイカスト鋳造品の設計に用いられることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の設計支援装置。

【請求項 10】 ダイカスト鋳造における鋳造品の設計支援方法であって、

前記鋳造品に対応した、多数のセルからなる 3 次元モデルにおいて、時間経過に伴う溶湯の温度変化から凝固過程を解析する解析ステップと、

前記解析ステップによる解析結果から、前記 3 次元モデルの各部における引け巣の発生度合いを算出する算出ステップと、

前記算出ステップによって算出された引け巣の発生度合いを層別して、比重に換算する比重換算ステップと、

引け巣の発生度合いを評価すべき領域において、前記比重換算ステップによって換算された比重値毎の 3 次元モデルの体積を算出するとともに、各比重値とその比重値に対応して算出された体積とを乗算し、かつ乗算値の総和を求めることにより、前記領域の引け巣の発生度合いを定量化する定量化ステップとを備えることを特徴とする設計支援方法。

【請求項 11】 前記算出ステップは、前記溶湯の温度勾配を、前記溶湯の冷却速度の平方根で除算する引け巣予測式によって、引け巣の発生度合いを算出す

ることを特徴とする請求項 10 記載の設計支援方法。

【請求項 12】 前記引け巣予測式は、前記溶湯の供給を停止する溶湯供給停止温度を初期条件とするものであり、

前記溶湯供給停止温度は、前記溶湯の種類に応じて設定されることを特徴とする請求項 11 記載の設計支援方法。

【請求項 13】 前記比重換算ステップが引け巣の発生度合いを層別する際の層数を設定する層数設定ステップを設け、

前記比重換算ステップは、引け巣の発生度合いを前記層数設定ステップによって設定された層数に層別することを特徴とする請求項 10 記載の設計支援方法。

【請求項 14】 前記定量化ステップは、前記各比重値とその比重値に対応して算出された体積との乗算値の総和を、前記領域の体積で除算することにより、前記領域の引け巣の発生度合いを比重値として定量化することを特徴とする請求項 10 記載の設計支援方法。

【請求項 15】 前記引け巣の発生度合いを評価すべき領域は、前記 3 次元モデルを複数の領域に分割したものであることを特徴とする請求項 10 記載の設計支援方法。

【請求項 16】 危険比重値を設定する危険値設定ステップと、
前記定量化ステップが定量化した前記領域の比重値が、前記危険値設定ステップによって設定された前記危険比重値よりも小さいかを判定し、前記危険比重値よりも小さいと判定された場合には、設計変更を促すよう報知する危険判定ステップとを設けることを特徴とする請求項 14 記載の設計支援方法。

【請求項 17】 前記危険値設定ステップは、前記 3 次元モデルを複数の領域に分割した各々に対して、前記危険比重値を設定することを特徴とする請求項 16 記載の設計支援方法。

【請求項 18】 前記設計支援方法は、アルミ合金を用いたダイカスト鋳造品の設計に用いられることを特徴とする請求項 10 から請求項 17 のいずれかに記載の設計支援方法。

【請求項 19】 ダイカスト鋳造における鋳造品の設計支援プログラムであって、

前記鋳造品に対応した、多数のセルからなる 3 次元モデルにおいて、時間経過に伴う溶湯の温度変化から凝固過程を解析する解析機能と、

前記解析機能による解析結果から、前記 3 次元モデルの各部における引け巣の発生度合いを算出する算出機能と、

前記算出機能によって算出された引け巣の発生度合いを層別して、比重に換算する比重換算機能と、

引け巣の発生度合いを評価すべき領域において、前記比重換算機能によって換算された比重値毎の 3 次元モデルの体積を算出するとともに、各比重値とその比重値に対応して算出された体積とを乗算し、かつ乗算値の総和を求めることにより、前記領域の引け巣の発生度合いを定量化する定量化機能とを実現させるための設計支援プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ダイカスト鋳造品の設計支援装置、設計支援方法、及び設計支援プログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、電子計算機を用いて鋳造品の凝固解析を行う方法として、例えば特開 2001-287023 号公報に開示された方法がある。

【0003】

この方法によれば、図 9 で示すように、まず、解析対象を多数のセルに分割し、差分法等を用いて熱伝導方程式を解くことにより、各セルにおける溶湯の凝固過程を算出し（ステップ Z1）、凝固時間を記録する（ステップ Z2）。さらに、時間経過にともなう未凝固部分の分裂とその凝固過程とを解析し（ステップ Z3）、引け巣体積の計算を行う（ステップ Z4）。そして、全ての引け巣の位置と引け巣の体積とをまとめて、引け巣リストを作成する（ステップ Z5）。最後に、引け巣リストに含まれる全ての引け巣を表示画面に三次元表示する（ステップ Z6）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

このように、従来の設計支援方法では、凝固過程における引け巣の発生位置やその体積等を解析することが中心となっている。しかしながら、単に引け巣を表示画面に3次元表示しても、製品に必要とされる強度や耐久性が得られるのかどうかの判断が困難であった。従って、鋳造品の設計者が、そのような設計支援方法を利用して、実際の設計に活用する障害となっていた。

【0005】

本発明は、前述の問題点を鑑み、引け巣による強度等の鋳造品の物性への影響を容易に判断することが可能なダイカスト鋳造品の設計支援装置、設計支援方法、及び設計支援プログラムを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の設計支援装置は、ダイカスト鋳造における鋳造品の設計支援装置であって、鋳造品に対応した、多数のセルからなる3次元モデルにおいて、時間経過に伴う溶湯の温度変化から凝固過程を解析する解析手段と、解析手段による解析結果から、3次元モデルの各部における引け巣の発生度合いを算出する算出手段と、算出手段によって算出された引け巣の発生度合いを層別して、比重に換算する比重換算手段と、引け巣の発生度合いを評価すべき領域において、比重換算手段によって換算された比重値毎の3次元モデルの体積を算出するとともに、各比重値とその比重値に対応して算出された体積とを乗算し、かつ乗算値の総和を求めることにより、領域の引け巣の発生度合いを定量化する定量化手段とを備えることを特徴とする。

【0007】

このように、本発明の設計支援装置は、設計された鋳造品における引け巣の発生度合いを算出し、これを定量化することができる。これにより、設計者は強度等の鋳造品の物性が要求レベルを満たしているかを確認しながら、鋳造品の設計を行うことができる。そのため、金型の設計や修正のための生産準備期間を大幅に短縮することができ、また、生産されるべきダイカスト鋳造品の品質も十分に

確保することができる。

【0008】

請求項2に記載のように、算出手段は、溶湯の温度勾配を、溶湯の冷却速度の平方根で除算する引け巣予測式によって、引け巣の発生度合いを算出することが望ましい。温度勾配だけでなく、冷却速度まで含めた引け巣予測式を用いることにより、引け巣の発生度合いを高い精度で予測することが可能となる。

【0009】

請求項3に記載のように、引け巣予測式は、溶湯の供給を停止する溶湯供給停止温度を初期条件とするものであり、溶湯供給停止温度は、溶湯の種類に応じて設定されることが望ましい。引け巣予測式は、初期条件である溶湯供給停止温度によって予測精度が変化する。溶湯供給停止温度を溶湯の種類に応じた適切な値に設定することで、引け巣予測式が算出した引け巣の発生度合いと、実際に発生する引け巣との一致度が高くなり、より高い精度で引け巣の発生を予測することが可能となる。

【0010】

請求項4に記載のように、比重換算手段が引け巣の発生度合いを層別する際の層数を設定する層数設定手段を設け、比重換算手段は、引け巣の発生度合いを層数設定手段によって設定された層数に層別することが望ましい。これにより、引け巣の発生度合いを定量化する際に要求される精度に応じて、層数を設定することが可能となる。

【0011】

例えば、設計の初期段階においては、設計者は設計した鋳造品における引け巣の発生度合いや引け巣による強度の低下等を大まかに把握したいことが多い。そのような場合には、比重換算手段が引け巣の発生度合いを層別する際の層数を少数とすることで、引け巣の発生度合いを定量化する際に要する処理時間を低減することができる。また、設計の最終段階においては、設計者は設計した鋳造品における引け巣の発生度合いや引け巣による強度の低下等を高精度に把握する必要がある。そのような場合には、比重換算手段が引け巣の発生度合いを層別する際の層数を多数とすることで、引け巣の発生度合いを高い精度で定量化することが

可能となるのである。

【0012】

請求項5に記載のように、定量化手段は、各比重値とその比重値に対応して算出された体積との乗算値の総和を、領域の体積で除算することにより、領域の引け巣の発生度合いを比重値として定量化することが望ましい。引け巣の発生度合いを比重値そのもので示すことにより、設計者は、その鑄造品の良否を容易に判断できるためである。

【0013】

請求項6に記載のように、引け巣の発生度合いを評価すべき領域は、3次元モデルを複数の領域に分割したものであることが望ましい。引け巣の発生度合いは、設計された鑄造品の各領域によって異なるためである。

【0014】

請求項7に記載のように、危険比重値を設定する危険値設定手段と、定量化手段が定量化した領域の比重値が、危険値設定手段によって設定された危険比重値よりも小さいかを判定し、危険比重値よりも小さいと判定された場合には、設計変更を促すよう報知する危険判定手段とを設けることが望ましい。危険比重値とは、これよりも低い比重値では、鑄造品における強度等の物性が要求品質を満たすことができなくなる比重値である。従って、設計された鑄造品において、危険比重値よりも小さな比重値が算出された場合は、設計者に対して設計変更を促す必要がある。

【0015】

請求項8に記載のように、危険値設定手段は、3次元モデルを複数の領域に分割した各々に対して、危険比重値を設定することが望ましい。設計された鑄造品に要求される強度等の物性は、鑄造品の各領域によって異なる場合があるためである。

【0016】

本設計支援装置は、請求項9に記載のように、アルミ合金を用いたダイカスト鑄造品の設計に対して好適に用いることができる。アルミ合金を用いたダイカスト鑄造品は、引張り強さや伸び等の機械的性質が優れているが、溶湯が凝固する

際に引け巣が発生しやすい欠点があった。そのため、本設計支援装置を、アルミ合金を用いたダイカスト鋳造品の設計支援に適用することで、事前に引け巣の発生度合いまで考慮したダイカスト鋳造品の設計が可能となるのである。

【0017】

なお、請求項10から請求項18に記載の設計支援方法、及び請求項19に記載の設計支援プログラムの作用・効果は、上述した設計支援装置と同様であるため、説明を省略する。

【0018】

【発明の実施の形態】

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態における設計支援装置の全体構成を示すブロック図である。

【0019】

本実施形態における設計支援装置は、後述する設計支援プログラムを例えばパソコンのメモリに格納することによって構成され、設計されたダイカスト鋳造品における各領域の引け巣の発生度合いから、これに応じた比重値を算出するものである。

【0020】

入力部1は、例えばキーボードやマウス等の入力機器であり、設計された鋳造品の形状データ（3次元ソリッドモデル）、鋳造に使用する溶湯の種類、鋳造条件等を入力する。また、引け巣の発生度合いを層別する際の層数の設定や、設計された鋳造品において比重値を算出すべき領域の指定を行う。なお、3次元ソリッドモデルは、CAD等によって作成されたものを読み込むようにしてもよい。

【0021】

解析手段である伝熱凝固解析部2は、3次元ソリッドモデルを多数のセル（四面体セル）に分割する。そして、時間経過に伴う溶湯の伝熱凝固解析を行い、各セルにおける溶湯の温度勾配と冷却速度とを算出する。

【0022】

算出手段である引け巣算出部3は、伝熱凝固解析部2によって算出された各セ

ルにおける温度勾配と冷却速度とを、温度勾配を冷却速度の平方根で除算した引け巣予測式である G/\sqrt{R} 式に代入し、各セルにおける引け巣の発生度合いを G/\sqrt{R} 値として算出する。引け巣予測式としては、 G/\sqrt{R} 式以外にも、温度勾配を溶湯の凝固時間で除算した G/t 式を用いてもよいし、温度勾配を溶湯の凝固速度で除算し、これに溶湯の凝固時間の $2/3$ 乗を乗算した $(G/V) \cdot (t$ の $2/3$ 乗) 式等を用いてもよい。また、流れ・圧力等を考慮したシミュレーションにより直接的に引け巣の発生を算出した結果を用いてもよい。

【0023】

データベース部4は、鑄造に使用する溶湯の種類、及び引け巣の発生度合いを層別する際の層数毎に、 G/\sqrt{R} 値に対応する比重換算値をデータベースとして記憶している。

【0024】

比重換算手段である比重換算部5は、鑄造に使用する溶湯の種類、引け巣の発生度合いを層別する際の層数、及び各セルの G/\sqrt{R} 値から、これに対応する比重換算値をデータベース部4から取り出して、各セルに割り当てる。

【0025】

定量化手段である比重算出部6は、入力部1で指定された各領域ごとに、各セルに割り当てられた比重換算値を調べ、これを比重換算値毎に分類する。そして、比重換算値毎のセルの数をカウントし、これにセルの体積を乗算することで、比重換算値毎の体積を算出する。そして、各比重換算値における体積と各比重換算値とを乗算して総和し、これを各領域の全体積で除算することにより、各領域における引け巣の発生度合いを比重値として算出（定量化）する。

【0026】

出力部7は、例えばディスプレイであり、比重算出部6が算出（定量化）した鑄造品の各領域における比重値を表示する。もちろん、ディスプレイに限らず、スピーカ等によってこれを通知することとしてもよい。

【0027】

図2は、本発明の第1実施形態における設計支援装置が実行する設計支援プログラムの処理手順を示すフローチャートである。

【0028】

ステップ201では、設計された鑄造品の形状データ（3次元ソリッドモデル）、鑄造に使用する溶湯の種類、鑄造条件等の各種データを入力する。

【0029】

ステップ202では、ステップ201で入力された3次元ソリッドモデルから、比重値を算出すべき領域を指定する。引け巣の発生度合いは鑄造品の各領域によって異なるため、比重値を算出する領域を区画することが好ましいためである。

【0030】

ステップ203は層数設定ステップであり、引け巣の発生度合いを層別する際の層数（2以上とする）を設定する。これにより、引け巣の発生度合いを定量化する際に要求される精度に応じて、層数を設定することが可能となる。

【0031】

例えば、設計の初期段階においては、設計者は設計した鑄造品における引け巣の発生度合いや引け巣による強度の低下等を大まかに把握したいことが多い。そのような場合には、比重換算手段が引け巣の発生度合いを層別する際の層数を少数とすることで、引け巣の発生度合いを定量化する際に要する処理時間を低減することができる。また、設計の最終段階においては、設計者は設計した鑄造品における引け巣の発生度合いや引け巣による強度の低下等を高精度に把握する必要がある。そのような場合には、比重換算手段が引け巣の発生度合いを層別する際の層数を多数とすることで、引け巣の発生度合いを高い精度で定量化することが可能となるのである。

【0032】

ステップ204は解析ステップであり、ステップ201で入力された3次元ソリッドモデルを多数のセル（四面体セル）に分割する。そして、分割された各セルに対して、時間経過に伴う溶湯の伝熱凝固解析を行い、各セルにおける溶湯の温度勾配と冷却速度とを算出する。

【0033】

ステップ205は算出ステップであり、ステップ204で算出された各セルに

おける温度勾配と冷却速度から、温度勾配を冷却速度の平方根で除算した引け巣予測式である G/\sqrt{R} 式を用いて、各セルにおける引け巣の発生度合いである G/\sqrt{R} 値を算出する。温度勾配だけでなく、冷却速度まで含めた引け巣予測式である G/\sqrt{R} 式を用いることにより、引け巣の発生度合いを高い精度で予測することが可能となる。

【0034】

ステップ206は比重換算ステップであり、ステップ201で入力された溶湯の種類及び層数と、ステップ205で算出された各セルの G/\sqrt{R} 値から、これに対応する比重換算値を各セルに割り当てる。

【0035】

ステップ207は定量化ステップであり、ステップ202で指定された各領域ごとに、各セルに割り当てられた比重換算値を調べ、これを比重換算値毎に分類する。そして、比重換算値毎のセルの数をカウントし、これにセルの体積を乗算することで、比重換算値毎の体積を算出する。そして、各比重換算値における体積と各比重換算値とを乗算して総和し、これを各領域の全体積で除算することにより、各領域における比重値を算出（定量化）する。引け巣の発生度合いを比重値そのもので示すことにより、設計者は、その鋳造品の良否を容易に判断できるためである。

【0036】

ステップ208では、ステップ207で算出（定量化）した各領域の比重値を表示し、設計者に報知する。

【0037】

上記の設計支援方法を実行することにより、本実施形態の設計支援装置は、設計された鋳造品における引け巣の発生度合いを算出し、これを定量化することができる。これにより、設計者は強度等の鋳造品の物性が要求レベルを満たしているかを確認しながら、鋳造品の設計を行うことができる。そのため、金型の設計や修正のための生産準備期間を大幅に短縮することができ、また、生産されるべきダイカスト鋳造品の品質も十分に確保することができる。

【0038】

次に、本実施形態の設計支援装置によって、図2のフローチャートに示す設計支援方法を実行することにより、設計されたダイカスト铸造品における各領域の比重値の算出（定量化）例を説明する。これは、設計初期段階における、ある製品のハウジング（以降、第1ハウジングとする）を17の領域に分割して、各領域の比重値を算出（定量化）した例である。铸造に使用する溶湯はアルミ合金であるADC12とし、溶湯供給停止温度は650℃、金型温度は150℃、熱伝達係数は8.400W/m²Kとした。なお、設計初期段階においては、設計した铸造品における引け巣の発生度合いや引け巣による強度の低下等を大まかに把握すればよいため、引け巣の発生度合いである G/\sqrt{R} 値を層別する際の層数を2と設定した。

【0039】

図3は、算出（定量化）された第1ハウジングの各領域における比重値と、実際に铸造された第1ハウジングの同領域から実測した実測比重値とをグラフに表示したものである。図3に示すように、2つのグラフは大体一致しているのが理解される。なお、2つのグラフの相関係数は0.7であった。

【0040】

次に、他の設計された铸造品に適用した例を示す。これは、設計最終段階における、ある製品のハウジング（以降、第2ハウジングとする）を48の領域に分割して、各領域の比重値を算出（定量化）したものである。铸造に使用する溶湯、金型温度、熱伝達係数は、第1ハウジングの各領域の比重値を算出（定量化）した場合と同様とした。

【0041】

なお、設計最終段階では、設計した铸造品における引け巣の発生度合いや引け巣による強度の低下等を詳細に把握する必要があるため、引け巣の発生度合いである G/\sqrt{R} 値を層別する際の層数は15と設定した。また、溶湯供給停止温度は570℃～580℃とした。これは、溶湯供給停止温度を570℃～580℃とすることにより、引け巣予測式である G/\sqrt{R} 式によって算出される各セルの G/\sqrt{R} 値と、実際に铸造を行った際に発生する引け巣の分布との一致度が高くなるためである。

【0042】

図4は、算出（定量化）した第2ハウジングの各領域における比重値と、実際に铸造された第2ハウジングの同領域から実測した実測比重値とをグラフに表示したものである。また、層別された G/\sqrt{R} 値の各層における比重換算値を示したグラフを図5に示す。

【0043】

図4に示す2つのグラフの相関係数は0.75であり、前述の図3の場合よりも一致度が高くなっている。これは、 G/\sqrt{R} 値を層別する際の層数を図3の場合よりも多くしたためであり、引け巣による铸造品の物性への影響を詳細に把握することができる。また、26番目の領域の比重値が算出（定量化）されていないが、これは26番目の領域が湯口部にあたるためである。

（第2実施形態）

図6は、本発明の第2実施形態における設計支援装置の全体構成を示すブロック図である。

【0044】

図6に示すように、本実施形態では、上述の第1実施形態の設計支援装置における入力部1に代えてデータ入力部8を設け、さらに危険領域判定部9を設けた点が第1実施形態と異なる。

【0045】

データ入力部8は、設計された铸造品の形状データ（3次元ソリッドモデル）、铸造に使用する溶湯の種類、铸造条件等を入力する。また、引け巣の発生度合いを層別する際の層数の設定を行う。さらに、設計された铸造品の形状から比重値を算出すべき領域を指定し、指定した各領域における危険比重値を設定する。危険比重値とは、これよりも低い比重値では、設計された铸造品が強度等の所望の物性を満たすことができなくなる比重値である。

【0046】

危険領域判定部9は、比重算出部6が算出した各領域の比重値が、データ入力部8によって設定された危険比重値よりも小さいかを判定する。危険比重値よりも小さいと判定された領域については、強度等の所望の物性を満たさないものと

して、その領域の設計変更を行うよう出力部7を介して設計者に通知する。

【0047】

その他の構成については、第1実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0048】

図7は、本発明の第2実施形態における設計支援装置が実行する設計支援プログラムの処理手順を示すフローチャートである。

【0049】

ステップ701では、設計された鑄造品の形状データ（3次元ソリッドモデル）、鑄造に使用する溶湯の種類、鑄造条件等の各種データを入力する。

【0050】

ステップ702では、ステップ701で入力された3次元ソリッドモデルから、比重値を算出すべき領域を指定する。

【0051】

ステップ703は危険比重値設定ステップであり、ステップ702で指定した各領域における危険比重値を設定する。設計された鑄造品に要求される強度等の物性は、鑄造品の各領域によって異なる場合があるためである。

【0052】

ステップ704では、引け巣の発生度合いを層別する際の層数（2以上とする）を設定する。

【0053】

ステップ705では、ステップ701で入力された3次元ソリッドモデルを多数のセル（四面体セル）に分割する。そして、分割された各セルに対して、時間経過に伴う溶湯の伝熱凝固解析を行い、各セルにおける溶湯の温度勾配と冷却速度とを算出する。

【0054】

ステップ706では、ステップ705で算出された各セルにおける温度勾配と冷却速度から、温度勾配を冷却速度の平方根で除算した引け巣予測式である G/\sqrt{R} 式を用いて、各セルにおける引け巣の発生度合いである G/\sqrt{R} 値を算出する。

【0055】

ステップ707では、ステップ701で入力された溶湯の種類及び層数と、ステップ706で算出された各セルの G/\sqrt{R} 値から、これに対応する比重換算値を各セルに割り当てる。

【0056】

ステップ708では、ステップ702で指定された各領域ごとに、各セルに割り当てられた比重換算値を調べ、これを比重換算値毎に分類する。そして、比重換算値毎のセルの数をカウントし、これにセルの体積を乗算することで、比重換算値毎の体積を算出する。そして、各比重換算値における体積と各比重換算値とを乗算して総和し、これを各領域の全体積で除算することにより、各領域における比重値を算出（定量化）する。

【0057】

ステップ709では、ステップ708で算出（定量化）した各領域の比重値を表示し、設計者に報知する。

【0058】

ステップ710は危険判定ステップであり、ステップ709で算出（定量化）された各領域における比重値が、ステップ703で設定された危険比重値よりも小さいかどうかを判定する。危険比重値よりも小さい比重値が算出された場合は、設計者に対して設計変更を促す必要があるためである。設定された危険比重値より小さい比重値が算出（定量化）された領域があれば、ステップ711へ進み、その領域の設計変更を行うよう設計者に報知する。そうでない場合は、そのまま処理を終了する。

【0059】

次に、本実施形態の設計支援装置によって、図7のフローチャートに示す設計支援方法を実行することにより、設計されたダイカスト鋳造品における各領域の比重値の算出（定量化）例を説明する。これは、設計最終段階における、ある製品のハウジング（以降、第3ハウジングとする）を52の領域に分割して、各領域の比重値を算出（定量化）した例である。鋳造に使用する溶湯、溶湯供給停止温度、金型温度、熱伝達係数、 G/\sqrt{R} 値を層別する際の層数は、前述の第1実

施形態において、第2ハウジングの各領域の比重値を算出（定量化）した場合と同様とした（図5参照）。

【0060】

なお、第3ハウジングの各領域における危険比重値は2.670とした。ただし、強度が要求される領域の危険比重値は、2.700とした。

【0061】

図8は、算出（定量化）された第3ハウジングの各領域における比重値と、実際に鑄造された第3ハウジングの同領域から実測した実測比重値とをグラフに表示したものである。図8に示すように、算出（定量化）された比重値が2.670に満たない10番目、11番目、14番目、15番目の領域については、比重値が円で囲まれて表示されており、設計者に対して設計変更を行うよう促している。

【0062】

一方、5番目の領域については、算出（定量化）された比重値が2.670より大きいにもかかわらず、比重値が円で囲まれて表示されている。これは、5番目の領域は強度が要求される領域であるため、比重値が2.700より大きくなければならないためである。そのため、5番目の領域の比重値も円で囲まれて表示され、設計者に対して設計変更を行うよう促しているのである。

【0063】

なお、本設計支援方法はプログラム化することにより、各種コンピュータによって実行させることができる。その際には、前述のプログラムは、ハードディスクやCD-ROM等に記憶し、これを読み出して実行することとしてもよいし、通信ネットワークなどを介してダウンロードし、これを実行することとしてもよい。

【0064】

最後に、本設計支援装置、本設計支援方法、及び本設計支援プログラムは、アルミ合金を用いたダイカスト鑄造品の設計に対して好適に用いることができることを再度言及しておく。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態における設計支援装置の全体構成を示すブロック図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態における設計支援装置が実行する設計支援プログラムの処理手順を示すフローチャートである。

【図 3】算出（定量化）された第 1 ハウジングの各領域における比重値と、実際に鑄造された第 1 ハウジングの同領域から実測した実測比重値とを表示したグラフである。

【図 4】算出（定量化）された第 2 ハウジングの各領域における比重値と、実際に鑄造された第 2 ハウジングの同領域から実測した実測比重値とを表示したグラフである。

【図 5】層別された G/\sqrt{R} 値の各層における比重換算値を表示したグラフである。

【図 6】本発明の第 2 実施形態における設計支援装置の全体構成を示すブロック図である。

【図 7】本発明の第 2 実施形態における設計支援装置が実行する設計支援プログラムの処理手順を示すフローチャートである。

【図 8】算出（定量化）された第 3 ハウジングの各領域における比重値と、実際に鑄造された第 3 ハウジングの同領域から実測した実測比重値とを表示したグラフである。

【図 9】従来技術において、鑄造品の凝固解析を行い、引け巣の発生を予測して表示する際の手順を示すフローチャートである。

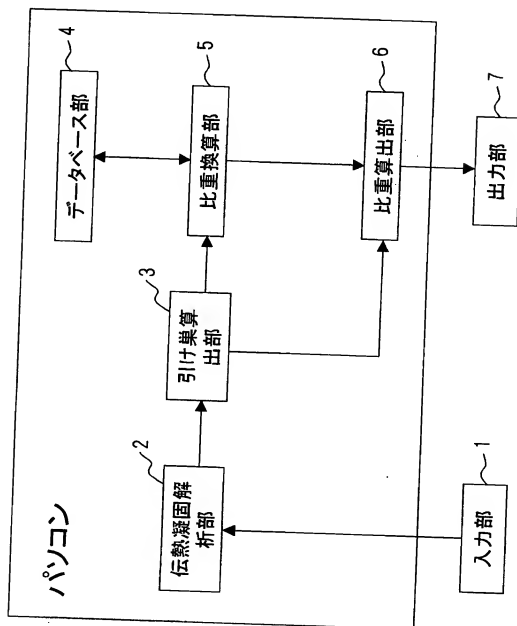
【符号の説明】

1…入力部、2…伝熱凝固解析部、3…引け巣算出部、4…データベース部、5…比重換算部、6…比重算出部、7…出力部

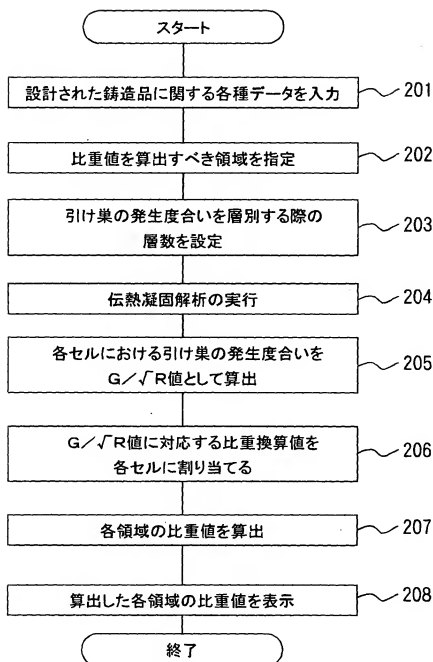
【書類名】

図面

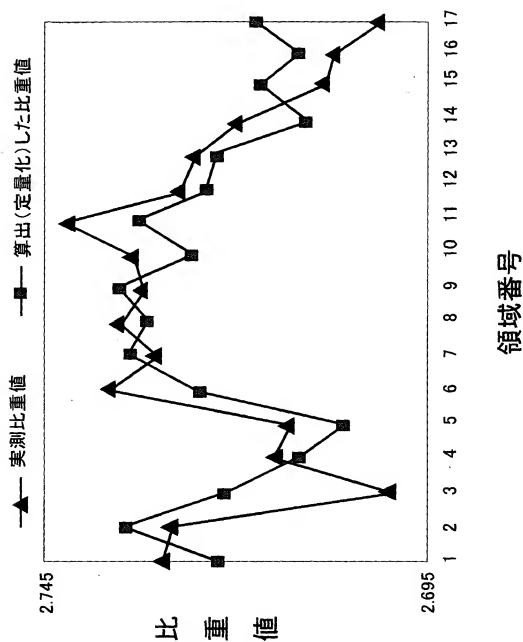
【図1】



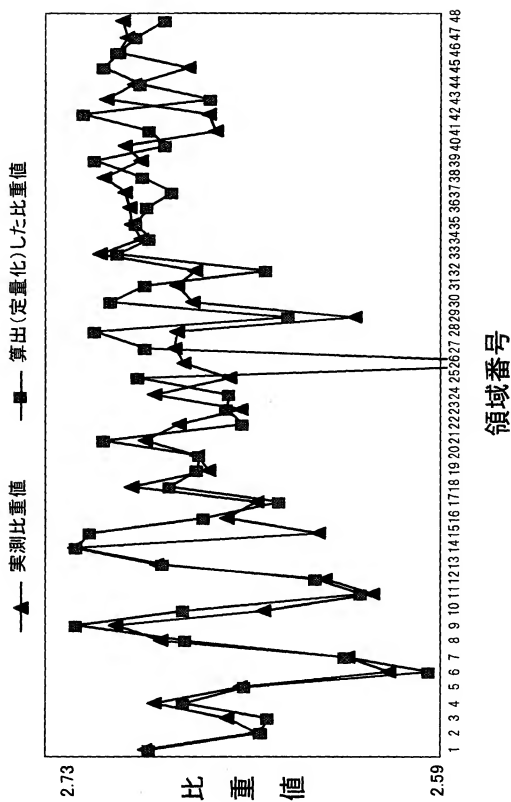
【図 2】



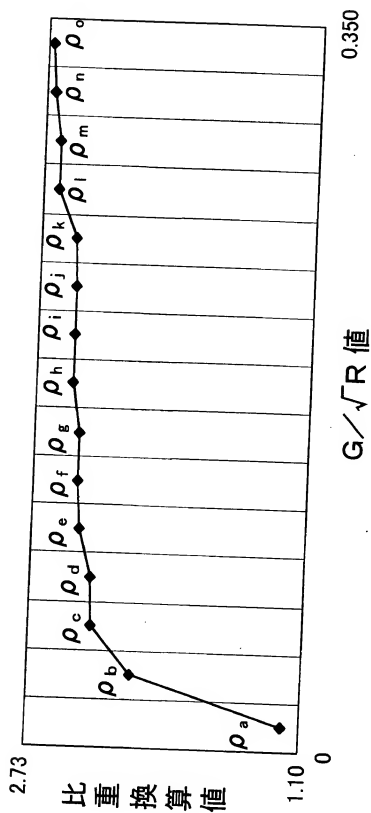
【図3】



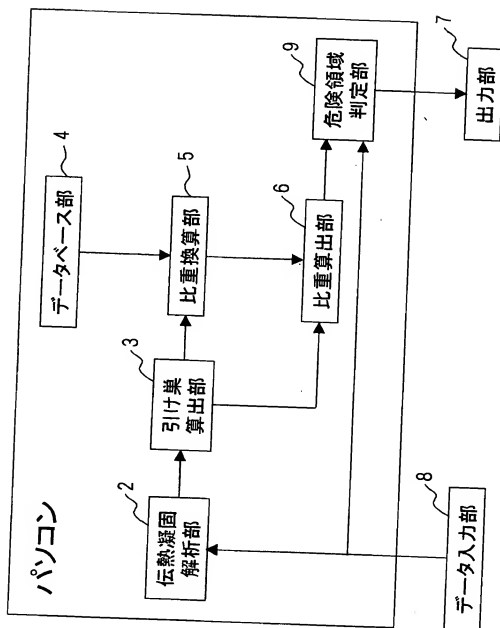
【図 4】



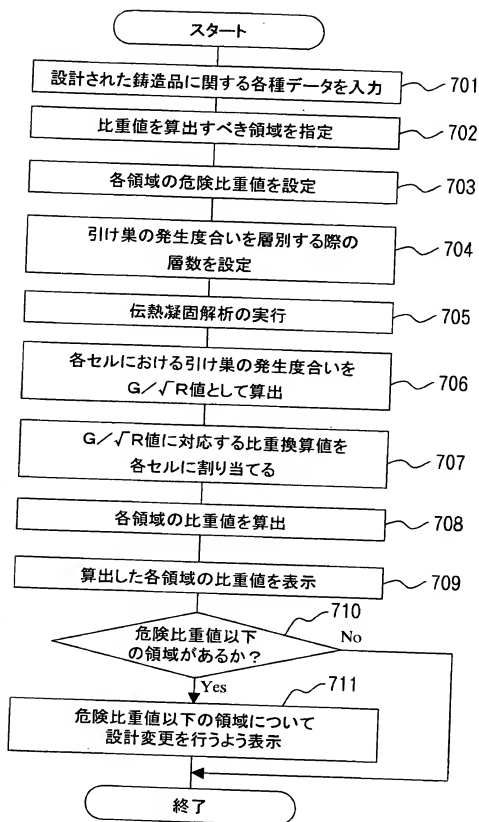
【図5】



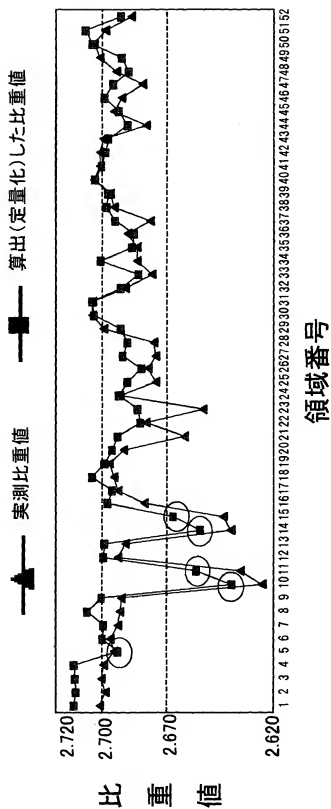
【図6】



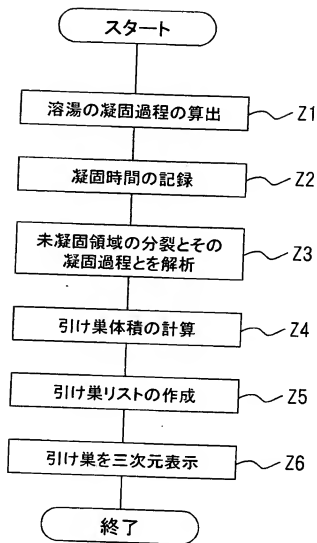
【図7】



【図8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 引け巣による鑄造品の物性への影響を容易に判断可能なダイカスト鑄造品の設計支援装置、設計支援方法、及び設計支援プログラムを提供すること。

【解決手段】 入力された鑄造品の形状を多数のセルに分割して、溶湯の伝熱凝固解析を行い、各セルにおける G/\sqrt{R} 値を算出する。次に、各セルの G/\sqrt{R} 値に対応した比重換算値をデータベース部4から取り出して、これを各セルに割り当てる。鑄造品の各領域に含まれるセルを比重換算値毎に分類して、その数をカウントし、これにセルの体積を乗算して比重換算値毎の体積を算出する。そして、各比重換算値における体積と各比重換算値とを乗算して総和し、これを各領域の全体積で除算して、引け巣の発生度合いを比重値として算出（定量化）する。

【選択図】 図1

特願 2002-227360

出願人履歴情報

識別番号

[000004260]

1. 変更年月日

1996年10月 8日

[変更理由]

名称変更

住 所

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

氏 名

株式会社デンソー